

Verfahren zur Wirkungsgradsteigerung einer elektrischen Maschine

5

Technisches Gebiet

Bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit niedrigerem Kraftstoffverbrauch ist das Augenmerk zunehmend auf den Anteil am Kraftstoffverbrauch gerichtet, den die elektrischen Komponenten in Kraftfahrzeugen verursachen. Für die Erzeugung von 100 W elektrischer Leistung wird von einem Mehrverbrauch in der Größenordnung von 0,1 bis 0,15 l Kraftstoff pro 100 km Fahrstrecke ausgegangen. Daraus ergibt sich die Anforderung an im Kraftfahrzeug eingesetzte elektrische Maschinen, wie beispielsweise einen Generator, zur Abgabe elektrischer Leistung mit optimalem Wirkungsgrad auszustatten.

15

Stand der Technik

Die Erzeugung elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen erfolgt heute üblicherweise durch Klauenpolgeneratoren. Diese Drehstrommaschinen sind mit dem Bordnetz, welches ein Gleichspannungsnetz ist, über eine passive Diodengleichrichterbrücke verbunden. Die Generatoren zur Erzeugung der elektrischen Energie in Kraftfahrzeugen sind so dimensioniert, daß sie bei Motorleerlauf bereits die zur Versorgung der elektrischen Komponenten benötigte elektrische Leistung liefern können.

25

Um die zu erwartende Steigerung der Anforderung an die Bereitstellung von elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen auch in Zukunft erfüllen zu können, können Drehstromgeneratoren, wie beispielsweise ein Klauenpolgenerator, mit Puls-Wechsel-Richtern ausgestattet werden. Durch diese Baukomponente läßt sich die Leistung des Drehstromgenerators, insbesondere in dessen unterem Drehzahlbereich, erheblich steigern.

30

Die Drehstromgeneratoren werden heute üblicherweise so dimensioniert, daß sie zusammen mit den Diodengleichrichtern unterhalb der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine bereits mit der Abgabe elektrischer Leistung
5 beginnen. Die Drehzahl, bei der der Generator eine Klemmenspannung von 14 V bei voller Erregung erreicht, liegt in der Größenordnung von 1000 bis 1200 min^{-1} . Die Abgabeleistung erreicht im Leerlauf (etwa 1800 min^{-1} Generatordrehzahl) einen Tangentenpunkt der Leistungskurve. In diesem Betriebspunkt des Drehstromgenerators erreicht die Abgabe der elektrischen Leistung ca. 60 bis
10 70% ihres Maximalwertes. Der erwähnte Tangentenpunkt wird üblicherweise in den Motorleerlauf der Verbrennungskraftmaschine gelegt. Im Tangentenpunkt hat die elektrische Maschine ihren besten Wirkungsgrad.

Der Maximalwert, der sich einstellenden Abgabe elektrischer Leistung wird bei
15 einer Generatordrehzahl von etwa 6000 min^{-1} erreicht und steigt bei höheren Drehzahlen praktisch kaum mehr an.

Zwar ergibt diese Dimensionierung einer im Generatorbetrieb arbeitenden elektrischen Maschine einen sehr guten Kompromiß aus Baugröße und der
20 Forderung nach vollständiger Abdeckung der elektrischen Leistung bereits im Leerlauf der Verbrennungskraftmaschine in Kraftfahrzeugen, aber zur Abgabe maximaler elektrischer Leistung arbeitet die elektrische Maschine in einem sehr hohen Drehzahlbereich, nahe an ihrem Kurzschlußpunkt. Dadurch sind die sich einstellenden Ständerkupferverluste beträchtlich.

25

Darstellung der Erfindung

Der Betrieb eines elektrischen Generators mit zugeordnetem Puls-Wechsel-
30 Richter gestattet es, die Ständerwindungszahl am Ständer des Generators nach anderen Auslegungskriterien auszulegen als der Einsetzdrehzahl des Generators, an der die Abgabe elektrischer Leistung einsetzt. Mittels des der elektrischen

Maschine zugeordneten Puls-Wechsel-Richters läßt sich im unteren Drehzahlbereich die Leistungsabgabe der elektrischen Maschine entlang der Momentengerade führen, unabhängig von der Windungszahl in der Ständerwicklung des Generators. Durch den Betriebsmodus der elektrischen Maschine mit nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter läßt sich die Einsetzdrehzahl, bei der die elektrische Maschine elektrische Leistung abgibt, so weit absenken, daß bereits im Leerlaufbetrieb einer Verbrennungskraftmaschine genügend elektrische Leistung abgegeben werden kann. Auch bei kleinen Drehzahlen der Verbrennungskraftmaschine steht durch den Betrieb der elektrischen Maschine mit Puls-Wechsel-Richter bereits dann, genügend elektrische Leistung zur Verfügung. Man ist nicht mehr daran gebunden, daß die Klemmenspannung der Maschine die Netzspannung überschreitet.

Wird der Puls-Wechsel-Richter mit einer elektrischen Maschine betrieben, deren Ständerwicklung eine geringere Windungsanzahl aufweist, lassen sich im oberen Drehzahlbereich die nachfolgend aufgeführten Vorteile erzielen:

Einerseits läßt sich im oberen Drehzahlbereich entweder die Leistung der elektrischen Maschine steigern oder deren Wirkungsgrad signifikant erhöhen. Bei elektrischen Maschinen mit kleiner Windungsanzahl läßt sich, verglichen mit elektrischen Maschinen mit größerer Windungsanzahl – bei gleicher elektrischer Leistung – bei der elektrischen Maschine mit einer geringeren Ständerwindungszahl eine niedrigere Nutendurchflutung erzielen. Unter Annahme eines Nutzenfüllungsgrades, der bei der elektrischen Maschine mit höherer Windungsanzahl und bei der elektrischen Maschine mit geringerer Windungsanzahl gleich ist, stellen sich bei den elektrischen Maschinen mit geringerer Windungsanzahl deutlich geringere Verluste im Wicklungskupfer ein. Ferner lassen sich ebenfalls die im Eisen einstellenden Verluste, die durch die Nutendurchflutung verursacht werden, verringern (Oberwellenverluste). Die Maschinenwicklung der elektrischen Maschine läßt sich somit auf minimale Gesamtverluste in einem Fahrzyklus dimensionieren.

Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung, eine elektrische Maschine mit kleiner Windungsanzahl mit einem Puls-Wechsel-Richter zu betreiben, läßt sich die Leistungsfähigkeit dieser elektrischen Maschinen im oberen Drehzahlbereich voll ausschöpfen. Damit steht eine Leistungsreserve hinsichtlich der
5 Bereitstellung elektrischer Leistung zur Verfügung.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

10

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Konfiguration einer elektrischen Maschine mit nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter.

15

Fig. 2 die Regelbereiche der elektrischen Maschine, begrenzt durch Verlauf von Leistungsgrenze, Leistungsfaktor $\cos \varphi$ sowie Spannungsgrenze und

Fig. 3 die Verläufe der Leistungskurven für elektrische Maschinen mit unterschiedlicher Windungsanzahl, aufgetragen über der Drehzahl.
20

Ausführungsvarianten

Fig. 1 zeigt in schematischer Konfiguration eine elektrische Maschine mit
25 nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter.

Eine elektrische Maschine 1 umfaßt eine Erregerwicklung 2, in der ein Erregerstrom 3 fließt, auch mit i_F bezeichnet. Ferner eine Ständerwicklung 4, die – je nach Auslegung der elektrischen Maschine 1 – mehr oder weniger
30 Wicklungswindungen w_1 oder w_2 aufweisen kann. Die Ständerwicklung 4 der im Generatorbetrieb betreibbaren elektrischen Maschine 1 ist über ihre Klemmenanschlüsse 5 mit einer Umrichterbrücke 6 verbunden. Die

Umrichterbrücke 6 – ausgelegt als ein Puls-Wechsel-Richter – enthält eine Anzahl Schalter, die hier als Feldeffekttransistoren mit Rückwärtsdioden dargestellt sind, 7, 8 sowie einen Kondensator 9. Über den Puls-Wechsel-Richter 6 kann die Spannungsdifferenz zwischen den Maschinenklemmen 5 und der Spannung u_{netz} im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges ausgeglichen werden. Die Last 11, die die elektrischen Verbraucher des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges darstellen, ist über einen verstellbaren ohmschen Widerstand angedeutet.

Fig.2 zeigt die Regelbereiche einer elektrischen Maschine 1, die jeweils durch den Verlauf von Leistungsgrenze, Spannungsgrenze sowie den Verlauf des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ begrenzt sind.

Der mit I bezeichnete Regelbereich einer elektrischen Maschine 1 wird einerseits durch die Spannungsgrenze 16 sowie andererseits durch einen Abschnitt der Momentengeraden 29 bestimmt. In diesem Regelbereich erreicht die Klemmenspannung der elektrischen Maschine 1 noch nicht die maximal mögliche Ausgangsspannung des Umrichters 6. Der maximale Wirkungsgrad der Maschine wird erreicht, wenn im Ständer 4 bei konstanter Leistungabgabe der minimale Strom fließt. Wird die magnetische Einachsigkeit eines Klauenpolgenerators zunächst vernachlässigt, ist dies dann erreicht, wenn in der Ständerwicklung ein reiner Querstrom fließt und der Längsstrom zu null wird. Im Regelbereich I ist der Umrichter 6 noch nicht an seiner Spannungsgrenze angelangt und er kann den gewünschten Ständerstrom einstellen. Der Erregerstrom 3 wird auf seinen maximalen Wert eingestellt, so daß für die geforderte Leistung ein Minimum an Ständerstrom in der Ständerwicklung erforderlich ist. Die Verluste in der Ständerwicklung 4 überschreiten bei weitem die Erregerverluste, so daß es günstig ist, den Erregerstrom 3 auf den Maximalwert zu steigern und den Ständerstrom zu minimieren, um den Wirkungsgrad zu optimieren. Das maximale Drehmoment der elektrischen Maschine 1 ist durch den maximalen Ständerstrom beschränkt, die abgegebene elektrische Leistung 12 der elektrischen Maschine 1 nimmt linear mit der Drehzahl 13 zu.

Der in Figur 2 dargestellte Regelbereich II einer elektrischen Maschine wird nach oben durch den Verlauf der Leistungsgrenze und nach unten durch den Verlauf des Leistungsfaktors $\cos \varphi$, Bezugszeichen 15, begrenzt. Der Regelbereich II entspricht dem Feldschwächbereich und wird erreicht, wenn die
5 Maschinenspannung der elektrischen Maschine 1 die Deckenspannung des Umrichters 6 erreicht hat. Der Umrichter 6 kann die Spannung dann nicht mehr weiter steigern. Durch einen sich einstellenden Längsstrom in der elektrischen Maschine 1 wird ein Feldschwächbereich realisiert. Der Erregerstrom i_F in der Erregerentwicklung 2 der elektrischen Maschine 1 bleibt auf seinen Maximalwert
10 eingestellt, um einen minimalen Ständerstrom in der Ständerwicklung 4 zu realisieren, so daß die sich dort einstellenden Verlust minimiert sind.

Der Regelbereich III gemäß Figur 2 ist durch den Verlauf des Leistungsfaktor $\cos \varphi$, Bezugszeichen 15, sowie den Verlauf der Drehzahlachse 13 beschränkt. Wenn
15 der Längsstrom in der elektrischen Maschine 1 einen Wert erreicht, bei dem der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ der elektrischen Maschine 1 den Wert $\cos \varphi = -1$ erreicht hat, ist eine Änderung der Regelstruktur günstig. Der Regelbereich II der elektrischen Maschine 1 könnte zwar durchaus weiter zu höheren Drehzahlen durchfahren werden, jedoch wird ein besserer Wirkungsgrad dann erzielt, wenn
20 der Erregerstrom der elektrischen Maschine 1, i_F reduziert wird.

Unter der Randbedingung einer konstanten Klemmenspannung an der elektrischen Maschine erreicht der Wirkungsgrad ein Maximum, wenn der Leistungsfaktor 15 den Wert 1 (oder auch -1) erreicht. Strom und Spannung sind dann in Phase und
25 für den Fall konstanter Netzspannung (d. h. Dachspannung des Umrichters) ist der Strangstrom dann am geringsten und somit auch die sich dort einstellenden Verluste. Dieser Betriebszustand entspricht einer im Generatorbetrieb betriebenen elektrischen Maschine 1 mit einer nachgeordneten Diodenbrücke. Die Regelung der abgegebenen elektrischen Leistung 12 erfolgt über die Regelung des
30 Erregerstromes 3. Die Randbedingung einer maximalen Klemmenspannung bei $\cos \varphi = -1$ wird durch die Gleichrichterbrücke erfüllt.

Fig. 3 zeigt den Verlauf der Leistungskurven für elektrische Maschinen, mit unterschiedlicher Windungszahl w_1 bzw. w_2 , jeweils aufgetragen über den Drehzahlen von der Verbrennungskraftmaschine bzw. der im Generatorbetrieb betreibbaren elektrischen Maschine.

5

Auf der Drehzahlverläufe repräsentierenden Achse 13 sind zwei Drehzahlwerte 25.1, die einer ersten Einsetzdrehzahl im Diodenbetrieb einer elektrischen Maschine 1 mit einer Windungszahl w_1 entspricht sowie eine zweite Einsetzdrehzahl 25.2 für eine zweite elektrische Maschine mit einer zweiten Drehzahl w_2 eingetragen. Mit Bezugszeichen 20 ist eine Einsetzdrehzahl die für beide Generatorauslegungen (Windungszahl w_1 und Windungszahl w_2) mit einem Puls-Wechsel-Richter gilt, aufgetragen. Für die an einem Puls-Wechsel-Richter 6 betreibbaren beiden elektrischen Maschinen 1, die im Diagramm gemäß Fig. 3 mit unterschiedlichen Windungszahlen für die Ständerwicklung 4 einander gegenübergestellt sind, ergeben sich unterschiedliche Verläufe in der Abgabe 12 elektrischer Leistung.

In der Nähe des Ursprungs des aus den Achsen 12 und 13 bestehenden Koordinatensystems, nämlich bei 20, hat die Momentengerade 29 ihren Ursprung, die einen linearen Zusammenhang zwischen Drehzahl und abgegebener elektrischer Leistung wiedergibt. Die Momentengerade 29 verläuft für einen niedrigen Drehzahlbereich identisch zum Verlauf der Leistungsgrenze 14, welche bei höheren Drehzahlen als Asymptote verlaufend, vom Verlauf der Momentengerade 29 abweicht.

25

Der mit Bezugszeichen 23 bezeichnete Kurvenzug repräsentiert den Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 mit einer höheren Windungsanzahl w_1 , während der in gestrichelter Darstellung wiedergegebene Kurvenzug 24 den Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 mit einer im Vergleich zu w_1 niedrigeren Windungsanzahl w_2 repräsentiert. Mit Bezugszeichen 22 ist der Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 im Diodenbetrieb dargestellt. Aus dem Verlauf der Kennlinie im

30

Diodenbetrieb der elektrischen Maschine 1 geht hervor, daß die Abgabe elektrischer Leistung im Bereich der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine drastisch abnimmt, so daß der Einsatz eines eine solche Kennlinie aufweisenden Generators im Kraftfahrzeug nicht möglich ist.

5

Demgegenüber ist aus dem Diagramm gemäß Fig. 3 entnehmbar, daß der Verlauf der Abgabe der elektrischen Leistung 12 gemäß des Kurvenzuges 23, welcher die Leistungsabgabe bei Betrieb einer elektrischen Maschine 1 mit einem Puls-Wechsel-Richter darstellt, auch im Leerlaufbereich bis nahe an den Ursprung des Diagramms bis zur Einsetzdrehzahl 20 die Zuordnung eines Puls-Wechsel-Richters zu einer elektrischen Maschine 1 eine ausreichende, dem Momentenverlauf 29 entsprechende Leistungsabgabe 12 einer elektrischen Maschine 1 gestattet. In diesem Bereich kann durch die Umrichterbrücke 6 die Abgabe der elektrischen Leistung unabhängig von der Windungsanzahl w_1 bzw. w_2 , d. h. unabhängig vom weiteren Verlauf der Kurvenzüge 23 bzw. 24, gehalten werden, die für größere Drehzahlen beträchtlich voneinander abweichen.

Für die gemäß der Darstellung in Fig. 3 dargestellten kleineren Drehzahlen, beispielsweise zwischen den Drehzahlen 20 und 25.2 muß der Puls-Wechsel-Richter 6 einen den Windungszahlen w_1 bzw. w_2 der Ständerwicklung 4 umgekehrt proportionalen Maschinenstrom verarbeiten können. Dies bedeutet, daß bei Ständerwicklungen 4 mit einer kleineren Windungsanzahl w_2 ein größerer Puls-Wechsel-Richter 6 erforderlich ist. Die Nutdurchflutung der elektrischen Maschinen 1 ist bei beiden Wicklungen unterschiedlicher Wicklungszahlen w_1 bzw. w_2 identisch.

Aus der Gegenüberstellung der Leistungsgrenzen 23 bzw. 24 für elektrische Maschinen 1 mit unterschiedlichen Ständerwindungsanzahlen w_1 bzw. w_2 läßt sich folgendes entnehmen: Zum einen liegt die Einsetzdrehzahl einer elektrischen Maschine 1 im Generatorbetrieb mit einer niedrigen Ständerwindungsanzahl w_2 am Diodengleichrichter 25.2 recht hoch, verglichen mit der Einsetzdrehzahl einer elektrischen Maschine für Generatorbetrieb mit einer Einsetzdrehzahl 25.1.

Andererseits ist die Leistungsabgabe P_{\max} , bezeichnet mit Bezugszeichen 26, für eine elektrische Maschine mit kleinerer Windungsanzahl w_2 wesentlich höher als für eine elektrische Maschine 1, deren Ständerwicklung 4 eine höhere Windungsanzahl w_1 aufweist. Die Leistungsabgabe 27 $P_{\max, w_1 < w_2}$ liegt für höhere
5 Drehzahlen wesentlich geringer, verglichen mit dem Maximum 26 P_{\max, w_2} einer elektrischen Maschine 1 mit einer Ständerwicklung 4 mit weniger Windungen w_2 .

Im oberen Drehzahlbereich wird daher eine elektrische Maschine 1 im Generatorbetrieb mit kleinerer Ständerwindungsanzahl w_2 hinsichtlich ihrer
10 Leistungsfähigkeit nicht vollständig ausgenutzt. Sie muß nur den Leistungsbedarf des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges decken. Aufgrund der niedrigeren Windungsanzahl der Ständerwicklung 4 ist die Nutendurchflutung in einer solchen elektrischen Maschine 1 und somit die sich einstellenden Ständerkupferverluste deutlich geringer als bei einer elektrischen Maschine 1 mit
15 einer Windungsanzahl w_1 . Bei der elektrischen Maschine 1 mit einer geringeren Ständerwindungsanzahl stellt sich ein entsprechend größerer magnetischer Fluß ein. Dieser Fluß führt zu größeren Verlusten im Eisenbereich der elektrischen Maschine 1. Bei den heutigen Klauenpolmaschinen überwiegen jedoch die stromabhängigen Kupferverluste in der Ständerwicklung sowie die
20 Oberwellenverluste in der Maschine die erwähnten Verluste aus dem magnetischen Grundwellenfeld.

Durch den Betrieb einer elektrischen Maschine 1 im Generatormodus kann durch Betrieb dieser elektrischen Maschine mit einem Puls-Wechsel-Richter 6 die
25 Windungszahl der Ständerwicklung freier gewählt werden. Der Umrichter 6 in Gestalt eines Puls-Wechsel-Richters ermöglicht im unteren Drehzahlbereich immer die Leistungsabgabe 12 entlang der Momentengerade 29. Dies ist unabhängig von der jeweiligen gewählten Windungszahl w_1 bzw. w_2 der elektrischen Maschine 1. Es sind dann Ströme im Puls-Wechsel-Richter zu
30 verarbeiten, die sich umgekehrt proportional zur Windungsanzahl verhalten.

Im oberen Drehzahlbereich, d. h. in einem Drehzahlbereich oberhalb der Einsetzdrehzahl 25.2 auf der Drehzahlachse 13 gemäß der Darstellung in Fig. 3 läßt sich durch eine kleinere Windungsanzahl w_2 entweder die Leistungsabgabe 12 der elektrischen Maschine steigern oder aber ihr Wirkungsgrad erheblich verbessern. Im oberen Drehzahlbereich ergeben sich bei Einsatz einer Ständerwicklung mit einer kleineren Windungsanzahl w_2 entsprechend geringere Nutdurchflutungen. Vorausgesetzt, es ist dieselbe Nutfüllung wie bei einer elektrischen Maschine 1 mit einer größeren Windungsanzahl w_1 gegeben, ergeben sich somit deutlich kleinere Verluste im Wicklungskupfer. Ferner reduzieren sich 10 die Eisenverluste, die durch die Nutdurchflutung verursacht werden. Damit läßt sich eine solche Art gestaltete Maschinenwicklung mit weniger Windungen auf minimale Gesamtverluste in einem Fahrzyklus dimensionieren. Eine Reduktion der Windungsanzahl an einer elektrischen Maschine 1, die im Generatormodus betrieben wird, führt demnach zu einem besseren Wirkungsgrad im 15 Gesamtsystem, wobei jedoch beachtlich ist, daß Feldeffekttransistoren stärker ausgelegt werden müssen, die sich jedoch durch eine stärkere Auslegung auch entsprechend leichter regeln lassen.

Bezugszeichenliste

	1	elektrische Maschine
	2	Erregerwicklung
5	3	Erregerstrom i_F
	4	Ständerwicklung
	5	Klemmenanschlüsse
	6	Umrichter
	7	Dioden
10	8	Schaltventile
	9	Kapazität
	10	Netzspannung
	11	Last
	12	abgegebene elektrische Leistung
15	13	Drehzahl
	14	Verlauf Leistungsgrenze
	15	Verlauf Leistungsfaktor für $\cos \varphi = 1$
	16	Spannungsgrenze
	17	Regelbereich I
20	18	Regelbereich II
	19	Regelbereich III
	20	Leerlaufdrehzahl
	21	Leistungskurve größere Windungsanzahl w_1
	22	Betrieb mit Diodenbrücke
25	23	Leistungsgrenze Umrichterbetrieb
	24	Leistungskurve kleinere Windungsanzahl w_2
	25.1	Einsetzdrehzahl n_{w1}
	25.2	Einsetzdrehzahl n_{w2}
	26	Maximalleistung bei w_2
30	27	Maximalleistung bei w_1
	28	Leistungsreserve
	29	Momentengerade

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (1) zur Abgabe
5 elektrischer Leistung (12), eine Erregerwicklung (2) sowie eine
Ständerwicklung (4) enthaltend, denen eine Umrichteranordnung (6)
nachgeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich einer
Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine die Abgabe
10 elektrischer Leistung (12) entlang der Momentengerade (29) unabhängig
von der Windungsanzahl w_1 , w_2 erfolgt und im oberen Drehzahlbereich
jenseits der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine die Abgabe
elektrischer Leistung (12) über eine elektrische Maschine (1) mit einer
Ständerwicklung (4) mit kleiner Windungsanzahl w_2 erfolgt.
- 15 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines
Puls-Wechsel-Richters (6) die Spannungsdifferenz zwischen Bordnetz (10)
des Kraftfahrzeuges und den Maschinenklemmen (5) ausgeglichen wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Leerlauf-
20 drehzahlbereich einer Verbrennungskraftmaschine die Leistungsabgabe (12)
der elektrischen Maschine (1) über die Puls-Wechsel-Richter-Anordnung (6)
erfolgt.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Puls-
25 Wechsel-Richter (6) einen der Windungsanzahl der Ständerwicklung (4) der
elektrischen Maschine (1) umgekehrt proportionalen Strom verarbeitet.
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgabe
elektrischer Leistung (12) oberhalb des Leerlaufdrehzahlbereiches gemäß der
30 Leistungskurve (24) einer elektrischen Maschine (1) mit kleiner
Windungsanzahl w_2 erfolgt.

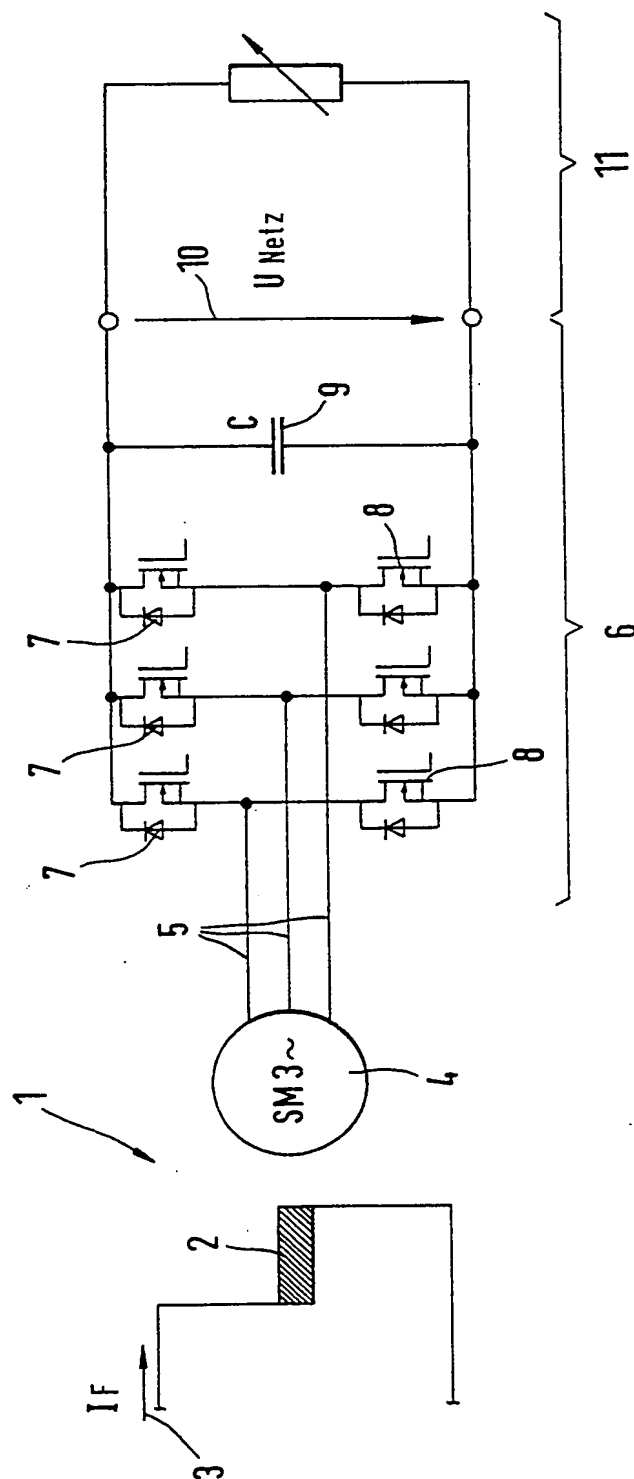
6. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Betrieb der elektrischen Maschine (1) mit einem Puls-Wechsel-Richter (6) die Ständerwindungszahl unabhängig von der Einsetzdrehzahl (25.1, 25.2) gewählt werden kann.
5
7. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im unteren Drehzahlbereich die Abgabe elektrischer Leistung (12) bis fast zu seinem Maximalwert (27) gemäß der Momentengerade (29) über den Puls-Wechsel-Richter (6) erfolgt.
10
8. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Wirkungsgrad der elektrischen Maschine (1) dadurch erhöht wird, daß die elektrische Maschine (1) mit kleinerer Windungszahl w_2 ausgestattet wird.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (1) zur Erzeugung elektrischer Leistung (13), eine Erregerwicklung (2) sowie eine Ständerwicklung (4) enthaltend. Der elektrischen Maschine (1) ist eine Umrichteranordnung (6) nachgeordnet, beispielsweise ein Puls-Wechsel-Richter. Im unteren Drehzahlbereich erfolgt die Abgabe elektrischer Leistung (12) entlang der Momentengeraden (29) unabhängig von der Windungsanzahl w_1 , w_2 einer Ständerwicklung (4). Im oberen Drehzahlbereich erfolgt die Abgabe elektrischer Leistung (12) über eine Ständerwicklung (4) mit niedriger Windungsdrehzahl w_2 .

(Fig. 3)

Fig.1



2/2

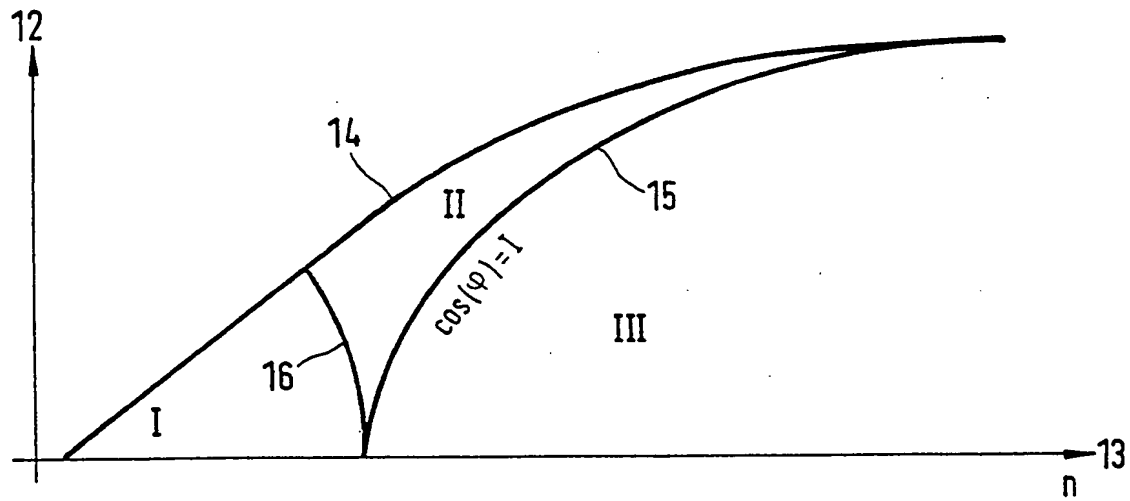


Fig. 2

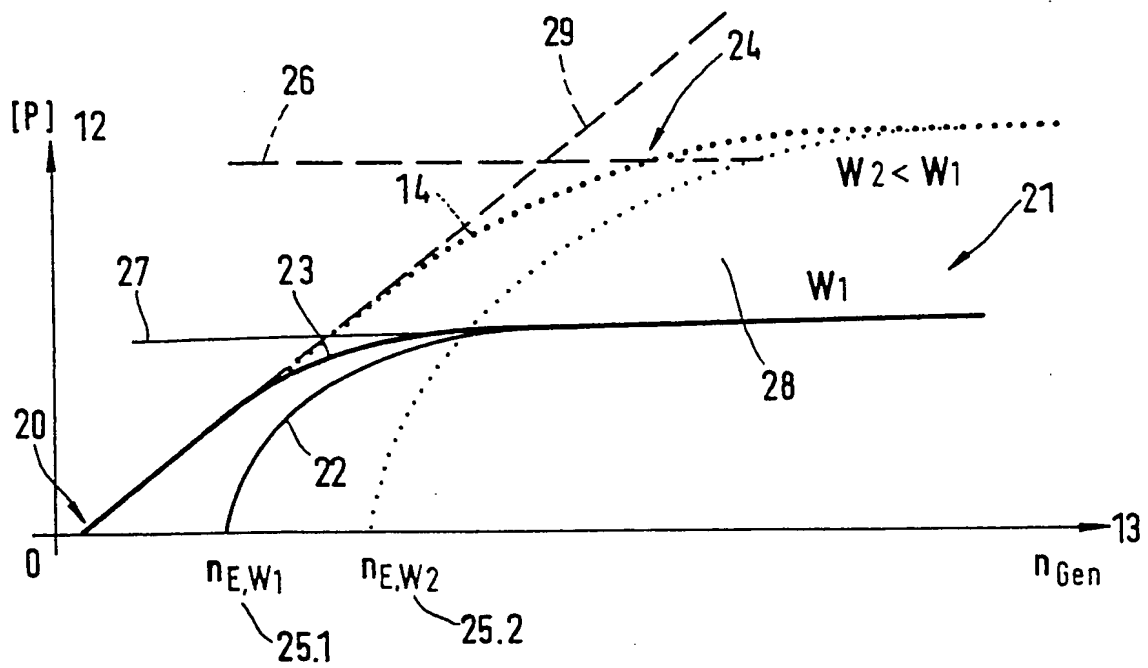


Fig. 3